

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-055909

(43)Date of publication of application : 26.02.1990

(51)Int.Cl.

G01B 17/02  
B22D 11/16

(21)Application number : 63-207887

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 22.08.1988

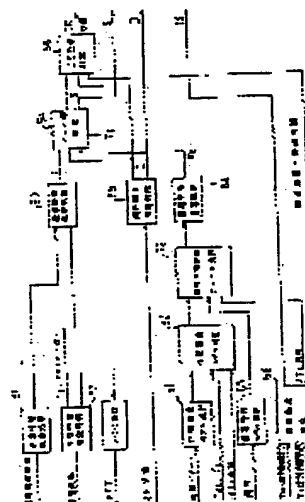
(72)Inventor : KATO YUICHI  
FUKUTANI KAZUHIKO  
KONDO TAKUMI  
YAMADA MAMORU  
KATAOKA SEISUKE

## (54) ARITHMETIC UNIT FOR SOLIDIFICATION THICKNESS OF CAST BILLET

## (57)Abstract:

PURPOSE: To increase the measurement accuracy of the thickness of a solidified part and to improve the accuracy of CE position control, etc., by calculating a solidified part mean acoustic velocity required to calculate the solidification thickness according to the state of the acoustic velocity in the solidified part.

CONSTITUTION: An electromagnetic ultrasonic wave is generated on one surface of the cast billet and detected on the other surface, but the timing of the former is detected by transmission time estimation processing 51 from the waveform of a sent current applied to a transmitter coil and the timing of the latter is estimated by reception time estimation processing 52 from the received waveform. In transmission time processing 53, a transmission time  $\tau = \tau_2 - \tau_1$  is calculated from the transmission time  $\tau_1$  and reception time  $\tau_2$ . In cast billet thickness estimation processing 55, the cast billet thickness D is calculated from the interval of segment frames. Then an internal temperature model selecting means 61 selects temperature distribution characteristics according to the pattern of the cooling of the cast piece. The selected temperature distribution characteristics are corrected according to steel seed.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-55909

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

G 01 B 17/02  
B 22 D 11/16

識別記号

1 0 4 C  
U

庁内整理番号

8304-2F  
7516-4E

⑭ 公開 平成2年(1990)2月26日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 鋳片の凝固厚演算装置

⑯ 特 願 昭63-207887

⑰ 出 願 昭63(1988)8月22日

⑱ 発 明 者 加 藤 祐 一 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所  
内  
⑱ 発 明 者 福 谷 和 彦 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所  
内  
⑱ 発 明 者 近 藤 琢 己 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所  
内  
⑱ 発 明 者 山 田 衛 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所  
内  
⑲ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
⑳ 代 理 人 弁理士 青 柳 稔  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

鋳片の凝固厚演算装置

2. 特許請求の範囲

1. 凝固部と未凝固部を持つ連続鋳造される鋳片(10)の凝固部平均音速( $V_s$ )、該鋳片を超音波が透過する時間( $\tau$ )、および該鋳片の厚み(D)を用いて凝固部の厚み(S)を算出する凝固厚演算装置において、

該凝固部平均音速( $V_s$ )を求める手段が、  
鋼種毎の音速温度特性および冷却パターン毎の鋳片内部温度分布特性を格納する記憶装置と、

該記憶装置から読出した鋳片内部温度分布特性を表面温度及び又は凝固開始温度で修正し、その修正した温度分布特性から凝固部各部分の温度( $T_i$ )を求める手段と、

該音速温度特性から該温度( $T_i$ )の音速( $V_{(T_i)}$ )を求め、これらの音速( $V_{(T_i)}$ )の平均値( $V_s$ )を求める手段とを有することを特徴とする、鋳片の凝固厚演算装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、連続鋳造される鋳片の凝固厚演算装置に関する。

連続鋳造設備ではクレータエンド位置を管理しており、この目的で凝固厚みの計測が行なわれている。

第5図はその概要を示し、10は連続鋳造される鋳片、10aはその凝固部、10bは未凝固部、CEはその端、即ちクレータエンドである。12はモールド、14はロール群である。16がシェル(凝固部)厚み測定装置で、鋳片10のCEのや、手前で超音波を送受信し、シェル厚みを測定する。18はCE位置推定装置でシェル厚み測定結果からクレータエンドCEの位置を推定する。CE位置及び形状の推定方法は例えば特開昭57-139457に開示されている。22はCE位置変化指示・演算装置で、CEが所定位置にあるように鋳片引出し速度及び又は冷却度を制御するその制御信号を演算し、ピンチロールモータ24及び又は

2次冷却ノズル26へ出力する。20は表示／作業指示用のディスプレイである。本発明はこのようなシェル厚み測定装置16に係るものである。  
〔従来の技術〕

凝固厚み測定装置の例を第6図に示す。全図を通してそうであるが、他の図と同じ部分には同じ符号が付してある。30は高電圧パルスで、送信器32に高電圧パルスを与えて鑄片表面に電磁超音波を発生させる。34は受信器で、鑄片を透過した超音波を電磁的に受信し、受信出力を増幅器36を介して演算器38に与え、該演算器は超音波の送信、受信タイミングから超音波が鑄片を透過するに要した時間を測定する。42は鑄片厚み計（高さセンサ）、44は鑄片厚み（全厚）を出力する増幅器である。また46は走査型放射表面温度計、48は該温度計の出力を用いて鑄片中の超音波の速度を求める音速演算器である。40は凝固厚演算器で、次式により凝固厚Sを演算する。

$$S = \left( \tau - \frac{D}{V_L} \right) \left( \frac{1}{V_L} - \frac{1}{V_S} \right) \quad \dots \dots (1)$$

要である。

従来、凝固部の音速の平均値は、第7図(a)の凝固部温度分布を表面温度 $T_s$ と凝固開始温度（これは鋼種などに応じて一定） $T_{sl}$ とを結ぶ直線または2次曲線で表わし、これで平均温度を求め、該平均温度で音速－温度特性曲線を読んで得られる音速が、求める平均音速とする等の方法で得ている。

特開昭60-12266も熱鋼片の厚み方向における平均温度を求める方法を開示しているが、これは電磁超音波を用い、超音波の熱鋼片透過時間 $\tau$ を測定し、また熱鋼片の厚みDを測定し、 $V = D / \tau$ として音速Vを求め、音速Vと温度Tとは $V = -0.669T + 5583$ の関係があるとして該Vを熱鋼片平均温度Tを求める。TとVは1次式の関係があるとしているが、勿論これはある狭い範囲、第7図(b)の $T_{sl} \sim T_s$ の範囲などで成立するに過ぎない。

本発明はかかる点を改善し、第7図の如き特性に忠実に従った、可及的に高精度な平均音速を得

こゝで $\tau$ は演算器38が求めた超音波の鑄片透過時間、Dは増幅器44が出力した鑄片厚み、 $V_L$ は溶鉄中（未凝固部）の超音波の速度、 $V_S$ はシェル中（凝固部）の超音波の速度である。 $V_S$ 、 $V_L$ は演算器48が出力する。

〔発明が解決しようとする課題〕

周知のように超音波の伝播速度は温度で変る。鑄片内温度は第7図(a)に示すように表面が $T_s$ で最も低く、凝固部S内では図示のように折れ線状に上昇し、未凝固部で更にステップ状に上昇したのち一定になる。つれて超音波の速度 $V_{(T)}$ は第C図(b)の如くなる。未凝固部は温度一定であるからその音速 $V_L$ は一定であるが、凝固部の音速 $V_S$ は各部の温度に応じて変る。凝固厚Sの算出式(1)における $V_S$ は平均値である。即ち超音波が $V_S$ で凝固部Sを通り、 $V_L$ で未凝固部 $(D - 2S)$ を通り、透過時間 $\tau$ とは $\tau = 2S / V_S + (D - 2S) / V_L$ の関係があるとして(1)式は求められている。実際の $V_S$ が第7図(b)の如く変るなら、この $V_S$ の平均値を求めることが(1)式の計算に必

て、凝固厚みを正確に算出可能にすることを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

凝固厚みSは前記(1)式で求められるから、第1図(b)に示すように超音波透過時間 $\tau$ の算出手段38、鑄片厚みDの算出手段45、凝固部平均音速 $V_S$ の算出手段49を設け、これら及び未凝固部音速 $V_L$ を用いて凝固厚み演算手段40に前記(1)式を計算させればよい。本発明ではこの凝固部平均音速算出手段49を第1図(a)で構成する。

即ち、予めメモリに格納しておいた鋼種毎の音速温度特性のうちの該当するものをプロセッサへ取込むステップ①、同様に予めメモリに格納しておいた冷却パターン毎の鋼片内部温度分布関数のうちの該当するものをプロセッサへ取込むステップ②、凝固厚み部分を差分化し、各部分の代表温度 $T_i$ を求めるステップ③、温度 $T_i$ に対する音速 $V_{(Ti)}$ を求め、それらの平均を求めるステップ④、格納しておいた鑄片内部温度分布関数に該当するものが無い場合は直近のものをを選び、その

$T(x)$  の関数型は固定し、該関数型の  $T_s$  と実際の表面温度との差を  $\Delta T_s$  として、 $T_s + \Delta T_s$  の場合の温度分布を比例的にシフトして求めるステップ⑤、このシフトした温度分布関数から③④のステップで平均音速  $V_s$  を求めるステップ⑥で、凝固部平均音速算出手段49を構成する。

#### 〔作用〕

鋳片内の温度分布は第7図(a)に示した如くであり、音速と温度の関係は同図(b)の如くである。勿論これらは一例であり、種々の要因で変化する。しかし温度分布(a)については、計測点までの間に鋳片が受けた冷却の態様(どの部分を通っているときどの程度の冷却を受けたか等、こゝでは冷却パターンという)及び鋼種が決まるとしてよい(本発明ではこのような設定を行なう)。そこで製造予定の鋼種全てにつき(b)の音速温度特性を求めてこれらをメモリに格納しておきまた予想される種々の冷却パターンにつき(a)の温度分布特性を求め

てこれらをメモリに格納しておく。そして凝固厚みの演算に際しては該当する音速温度特性と温度分布特性をメモリから読出す(①②)。

温度分布特性は冷却パターンをもとに該当するものをメモリから読出すが、表面温度が計測値  $T_s'$  と等しいものはメモリに格納されていないときはその温度差  $\Delta T_s$  で補正を行なう。この補正は、比例的なシフトで行なう。例えば、凝固開始温度  $T_{sL}$  は鋼種により決まって一定であるからこれは変わらず、唯、表面温度  $T_s$  が  $T_s + \Delta T_s$  でこれに応じて凝固部温度分布が変わるのであるから、 $x=0$  つまり表面では  $T_s + \Delta T_s$  とし、以後  $x=S$  までを比例配分して  $T_s + \Delta T_s (s-x)/S$  とする(③)。この結果は第7図(c)の如くなる。

メモリから読出したまたはそれを修正した温度分布特性を微小区分  $dx$  で細分し、各区分の代表温度  $T_i (i=1, 2, \dots, N)$  を求める(④)。代表温度としては、当該区分の温度分布を直線で近似して求めた単純平均を利用できる。

次は、メモリから読出した音速温度特性を前記  $T_i$  で読み、音速  $V_{(i)}$  を得る。そしてこれらの単純平均を求め、それを凝固部平均音速  $V_s$  とする(④)。

このようにすると凝固部平均音速  $V_s$  がより実際に近いものになり、凝固厚み測定精度が上がる。例えば従来方式では第7図(b)の  $T_{Ar}$  ~  $T_{sL}$  間を直線近似しているのが実態であり、そして平均温度は変態点温度  $T_{Ar}$  以下になることもあるが、この場合は上記直線近似では大きな誤差がでてしまう。本発明によればこのようなことはない。

数値例を挙げると、音速誤差は従来方式で  $34 \text{ m/sec}$ 、本発明方式で  $12 \text{ m/sec}$  になり、凝固厚測定誤差は  $2.5 \text{ mm}$ 、測定精度1%を確保できる。

#### 〔実施例〕

第2図にCE位置制御に用いた本発明の実施例を示す。鋳片にはその一面に電磁超音波を発生し、他面でそれを検出するが、送信時刻推定処理51では前者のタイミングを送信器コイルに加える送

信電流波形から検出し、後者は受信時刻推定処理52が受信波形から推定する。

受信波形は第3図に示す如きものであり、デジタル処理するので多数のデータの時系列になる。ゼロクロス部のこれらのデータをプロットすると○領域内に拡大して示す如くなる。この波形のピーク点のタイミングPを受信時刻  $\tau_2$  とするが、このピーク値及びその前後の3つのゼロクロス点を求め、ピーク値の大きさ及びゼロクロス点の間隔が予定範囲のものか否かチェックし、異常なら採用せず、正常ならピーク点タイミングPを受信時刻とする。

透過時間推定処理53では送信時刻  $\tau_1$  と受信時刻  $\tau_2$  から透過時間  $\tau = \tau_2 - \tau_1$  を計算する。

鋳片厚み推定処理55では、セグメントフレームの間隔から鋳片厚みDを算出する。即ちモールドから引出される鋳片は第5図に示す如く多数のロール14で支持され、これらのロールは所定数ずつセグメントフレーム(SF)で支持される。従ってSFの間隔はロール間隔、ひいては鋳片厚

みに応じて変るから、これを測定して鋳片厚みDを得ることができる。

内部温度モデル選択手段61は前述のメモリに入っている温度分布特性を、当該鋳片が受けた冷却パターンに従って選択する。選択した温度分布特性は鋼種により補正する。即ち、凝固開始温度 $T_{s1}$ を内部温度モデル補正手段62に加えて温度分布特性を補正する。補正要領は前記表面温度の場合に準ずる。

また鋼種を音速特性モデル選択手段65に加え、該当する音速温度特性を選択させる。

前記補正した温度分布特性により各部温度 $T_i$ を求め、これで上記音速温度特性を読んで $V_{(i)}$ を得、平均すれば、平均音速 $V_s$ が求まるが、一々これを行なうと計算量が多くなり、コンピュータの負担が増すので、計算結果を表面温度 $T_s$ 別のテーブルにしておく。固相平均音速テーブル演算手段63が、この処理を行なう。

表面温度推定手段66は計測した表面温度 $T_{s1}$ 、計算表面温度 $T_{s2}$ 、同中央部温度 $T_c$ を入力され、

表面温度推定値 $T_s$ を出力する。計測値には異常に高い/低いものもあるが、これらは計算値によりチェックし、異常なら廃棄して前の値を使用し、または加重平均によるならし処理をして、妥当な表面温度 $T_s$ を出力する。このような補正をすると、CE位置制御のための冷却調整で表面のみ異常に低温になることがあるが、かゝるものに対しても妥当な表面温度を出力することができる。

固相平均音速推定手段64では、手段63の音速テーブルを手段66からの表面温度で読んで凝固部平均音速 $V_s$ を出力する。

シュル厚計算手段54では手段53、55、64から $\tau$ 、D、 $V_s$ を入力され、これらを用いて前記(1)式により凝固厚みSを計算する。

CE位置計算手段56は、凝固厚S、鋳片厚みD、铸造速度 $V_z$ 、経過時間 $T_z$ を入力され、クレータエンド位置を出力する。完全凝固時間 $T_{s(1)}$ は次式で与えられるので( $a \sim f$ は演算定数)、

$$T_{s(1)} = a + e(\sqrt{T_{z(1)}} + \frac{D-S}{b}) + f\left\{\left(\frac{D-S}{2c}\right)^{1/4} + T_{z(1)}\right\} \dots \dots (2)$$

これと铸造速度 $V_z$ からCE位置を算出できる。このCE位置が目標位置にあるように $V_z$ 及び又は冷却パターンを制御するが、この部分は第2図に示してない。

クレータエンドCEは第4図(a)(b)に示すように種々の形状をしているので凝固厚測定は複数点、例えば図示の如く5点で行なう。この場合電磁超音波の送受信器は5組設けて図示5点の位置に配置し、演算装置はこれらに共通に1組設け、切換えスイッチにより逐次測定、演算する。電磁超音波を発生するには送信器のコイルに大電流パルス流すが、これには高電圧電源とトリガ電極付きスパークギャップを使用する。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明では凝固厚みの計算に必要な凝固部平均音速を、凝固部内音速の実態に合わせて正確に算出するので、該凝固部の厚みの計測精度を高めることができ、CE位置制御などの精度を高めることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の凝固厚演算装置の構成の説明図、

第2図は本発明の実施例を示すブロック図、

第3図は受信波形の説明図、

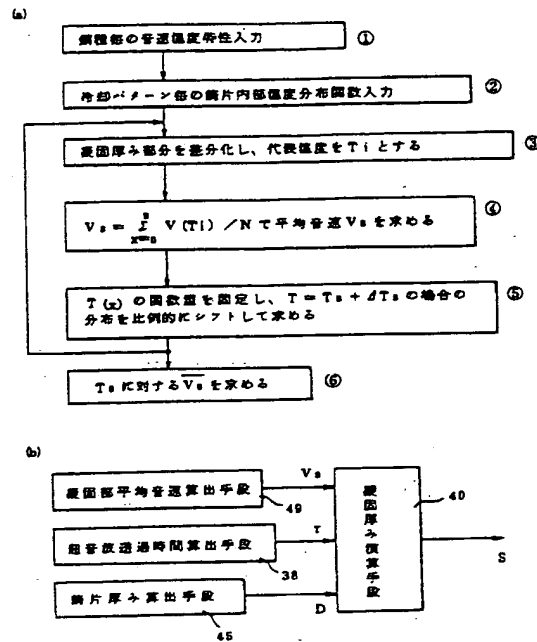
第4図は凝固厚測定点の説明図、

第5図はCE位置制御の説明図、

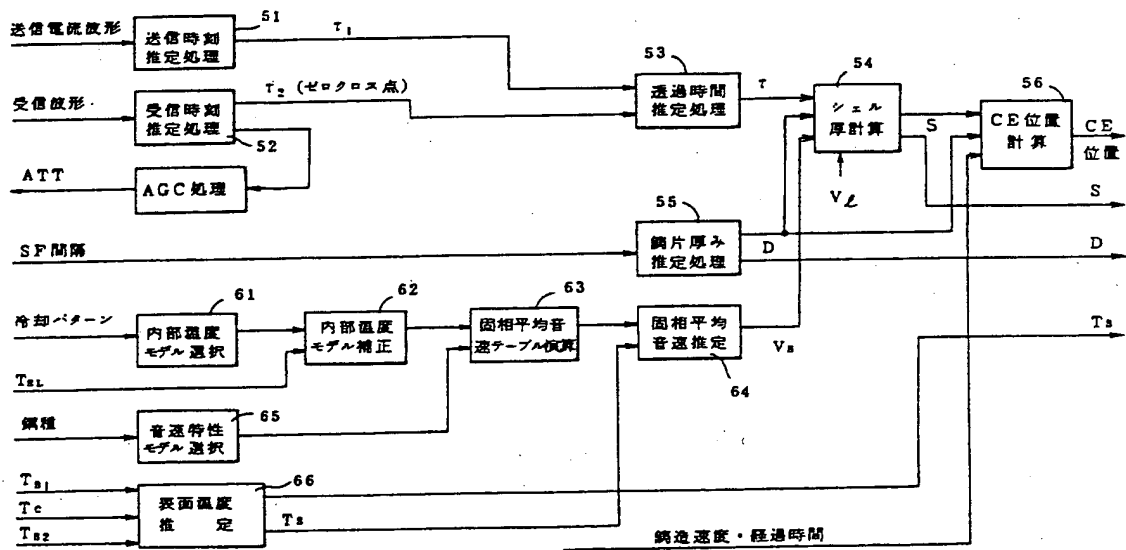
第6図は従来の凝固厚演算装置の説明図、

第7図は温度分布および音速特性の説明図である。

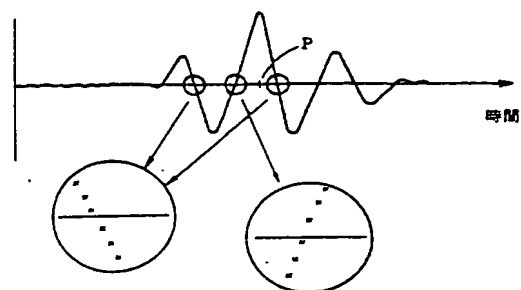
出 願 人 新日本製鐵株式会社  
代理人弁理士 青 柳 稔



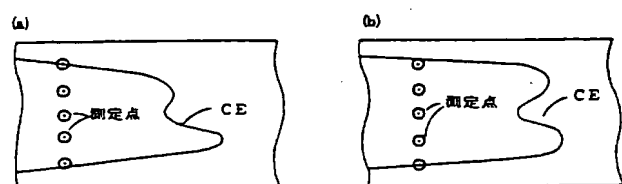
第 1 図



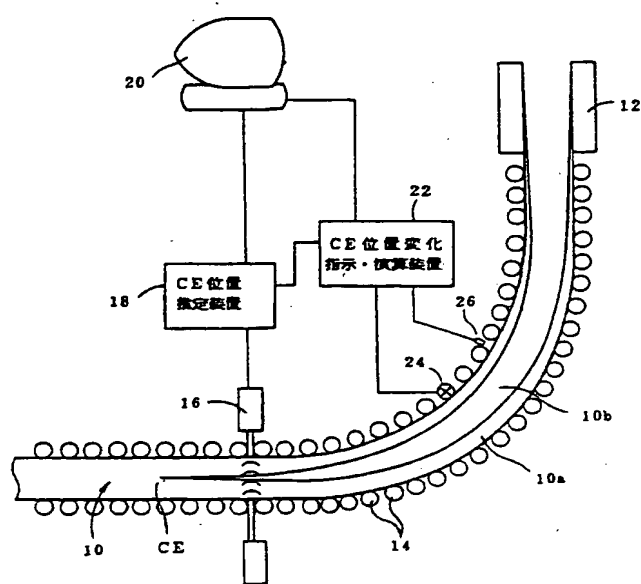
第 2 図



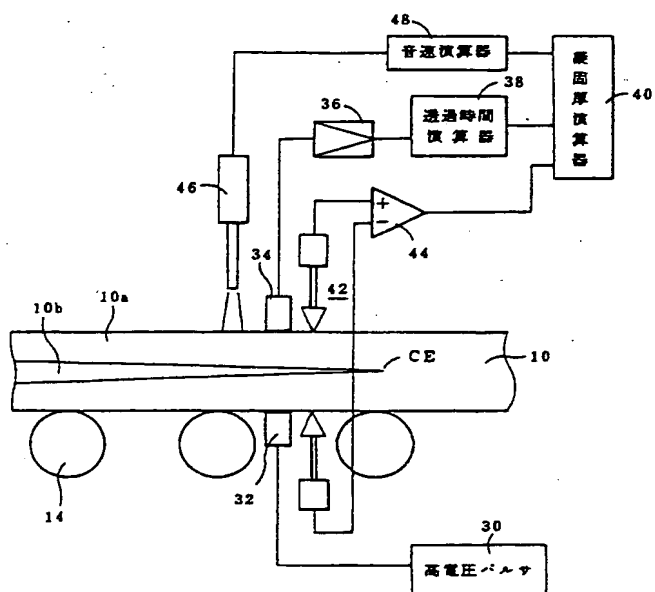
第 3 図



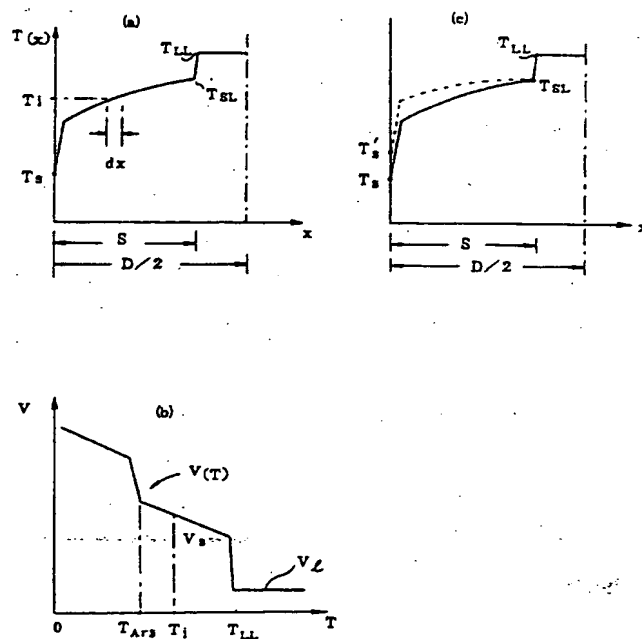
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図



第1頁の続き

②発明者 片岡 靖介 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内

手続補正書(自発)

昭和63年10月20日

特許庁長官 吉田文毅殿

1.事件の表示

昭和63年特許願第207887号

2.発明の名称

鋳片の凝固厚演算装置

3.補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区大手町二丁目6番3号

名称 (665)新日本製鐵株式会社

代表者 藤 藤 裕

4.代理人 〒101 ☎ 03(863)0220

住所 東京都千代田区岩本町3丁目4番5号第一東ビル

氏名 (7017)弁理士 青 柳 稔

5.補正命令の日付 なし

6.補正により増加する請求項の数 なし

7.補正の対象 明細書の発明の詳細な説明の欄および図面

8.補正の内容

(1)明細書第3頁19行の記載を次の様に補正する。

$$S = \left( \tau - \frac{D}{V_L} \right) / \left( \frac{1}{V_L} - \frac{1}{V_S} \right) \dots\dots(1)$$

(2)同第4頁3行の「溶鉄」を「溶鋼」に補正する。

(3)同第4頁4行の「速度」を「平均速度」に補正する。

(4)同第6頁19行～20行の「に該当～を選び、」を「と計測した表面温度が異なる場合は」に補正する。

(5)同第7頁2行の「ΔS」を「ΔTS」に補正する。

(6)同第10頁9行～12行の「ピーク値～時刻とする。」を「ゼロクロス点の受信時刻を補正して受信時刻τsとする。」

(7)同第12頁18行～19行の記載を次の様に補正する。

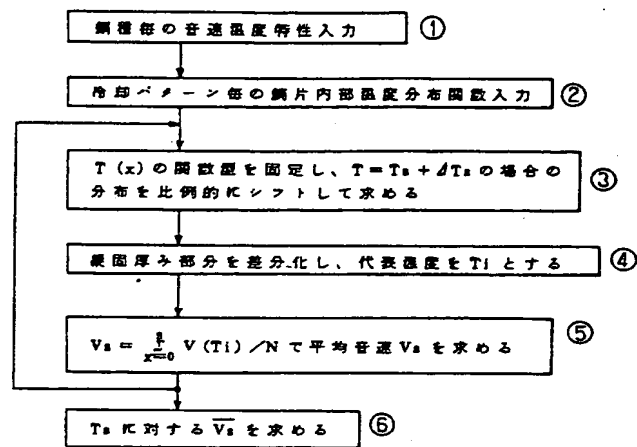
「(1)は次式の関数で与えられるので

$$T_{s(1)} = f(T_{x(1)}, D, S)$$

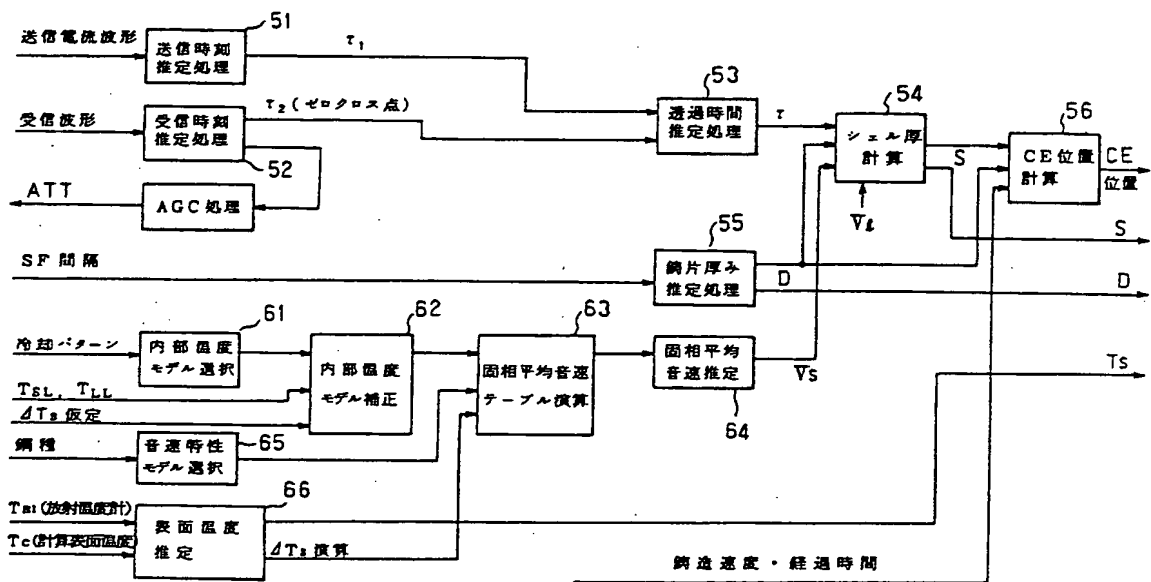
(8)図面第1図(a)、第2図を別紙のとおり補正する。

63.10 21

(a)



第 1 図



第 2 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**